



ผลของทิศทางและจำนวนของการยึดสกรูต่อการกระจายของ ความเค้นในกระดูกต้นขาของคนและแผ่นดาม

Effects of Direction and Number of the Screw Fixation on Stress Distribution in Human Femur and Attached Plate

ธวัชชัย อุ่นใจจอม ธงชัย ฟองสมุทร

Thawatchai Ounjaijom Thongchai Fongsamootr

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือศึกษาผลของทิศทางและจำนวนของการยึดสกรูต่อการกระจายของความเค้นในกระดูกต้นขาของคนและแผ่นดามโดยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ รูปแบบการยึดสกรูที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 4 รูปแบบ ได้แก่ (1) สกรูมีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นดามกระดูก (2) สกรูมีทิศทางไปทางเดียวกัน (สกรูทั้งหมดทำมุม 45 องศา กับแนวระดับของแผ่นดามกระดูก) (3) สกรูมีทิศทางแยกออกจากกัน (สกรูตั้งบนของแผ่นดามกระดูกทำมุม 45 องศา กับแนวระดับของแผ่นดามกระดูกและยึดสกรูครึ่งล่างของแผ่นดามกระดูกทำมุม 135 องศา กับแนวระดับของแผ่นดามกระดูก) และ (4) สกรูมีทิศทางเข้าหากัน (สกรูตั้งบนของแผ่นดามกระดูกทำมุม 135 องศา กับแนวระดับของแผ่นดามกระดูกและยึดสกรูครึ่งล่างของแผ่นดามกระดูกทำมุม 45 องศา กับแนวระดับของแผ่นดามกระดูก) แต่ละรูปแบบใช้สกรูในการยึดจำนวน 4 ตัว 6 ตัว และ 8 ตัว ตามลำดับ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงให้เห็นว่า เมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นดามกระดูกและให้มีทิศทางเข้าหากัน ค่าความเค้นมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อสกรูมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่วนการยึดสกรูให้มีทิศทางไปทางเดียวกันและให้มีทิศทางแยกออกจากกัน ค่าความเค้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนของสกรูเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ผลที่ได้ยังแสดงให้เห็นว่าในกรณีที่ใช้การยึดสกรูจำนวน 4 ตัว ให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นดามกระดูก จะสามารถทนแรงดึงได้ดีและปลอดภัยกว่ารูปแบบอื่น ส่วนในกรณีที่ใช้การยึดสกรูจำนวน 6 ตัว ให้มีทิศทางแยกออกจากกัน จะสามารถทนแรงดึงได้ดีและปลอดภัยกว่ารูปแบบอื่น และในกรณีที่ใช้การยึดสกรูจำนวน 8 ตัว ให้มีทิศทางไปทางเดียวกัน จะสามารถทนแรงดึงได้ดีและปลอดภัยกว่ารูปแบบอื่นๆ ด้วยเช่นเดียวกัน

คำหลัก: ระเบียงวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สกรู แผ่นดามกระดูก กระดูกต้นขา

ABSTRACT

The objective of this work is to study the effects of direction and number of the screw fixation on stress distribution in the human femur and the attached plate by Finite Element Method (FEM). In this study, four patterns direction of the screw were analyzed; which are (1) the normal direction, (2) the parallel direction, (3) the diverge direction and (4) the converge direction. In each pattern, the number of screw were selected as four, six and eight pieces respectively. The results show that in the normal and the converge directions of screw fixing, the maximum stress decrease with the number of screw increase. Moreover, in the parallel and the diverge directions of screw fixing, the maximum stress increase with the number of screw increase. Additionally, using of four screws fixed in the normal direction would be more safe and endured than other patterns, using of six screws fixed in the diverge direction also more safe and tolerated than other patterns and when using of eight screws fixed in the parallel direction also more safe and tolerated than other patterns.

Keyword: Finite Element Method, Screw, Attached Plate, Femur Bone

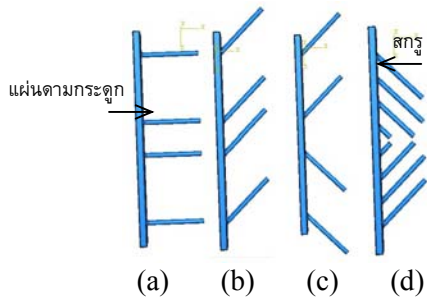
1. บทนำ

การรักษาผู้ป่วยที่ได้รับอุบัติเหตุจนทำให้กระดูกต้นขาเกิดการร้าวและหักนั้น สามารถทำได้หลายวิธี การใช้แผ่นเหล็กตามกระดูกและยึดด้วยสกรูเพื่อส่งผ่านแรงข้ามบริเวณรอยหักและรักษาดำเนินการประสานตัวของกระดูก จัดเป็นวิธีการรักษาการยึดกระดูกแบบภายในซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้ในวงการแพทย์ [1] ปัญหาที่เกิดขึ้นของการรักษาโดยวิธีนี้มีหลากหลายรูปแบบ เช่น สกรูถอนออกจากกระดูกเนื่องมาจากสกรูไม่สามารถต้านทานต่อแรงดึงได้ ทำให้สกรูเกิดการหลวมหลุดตามมา วิธีการยึดสกรูไม่เหมาะสมทำให้เกิด Screw Cut Out ได้สูง ซึ่งปัญหาความเสียหายของสกรูดังกล่าวทำให้แพทย์จะต้องทำการรักษาใหม่ จากการศึกษาที่ผ่านมา [2,3,4] พบว่าส่วนใหญ่ใช้รูปแบบการสกรูในทิศทางที่ตั้งฉากกับระนาบของแผ่นตามกระดูก ยังไม่มีการศึกษาใดที่ใช้ทิศทางการยึดสกรูที่แตกต่างออกไปจากนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลของทิศทางและจำนวนของการยึดสกรูต่อการกระจายตัวของความเค้นในกระดูกและแผ่นตามกระดูกในทิศทางอื่นๆ ทำการวิเคราะห์โดยใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม ABAQUSTM ผลของงานวิจัยนี้เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการกระจายตัวของความเค้นและตำแหน่งของการเกิดความเค้นสูงสุดในสกรู แผ่นตามกระดูก และกระดูก เพื่อนำไปใช้ในการเลือกรูปแบบของการยึดสกรู

2. วิธีการวิจัย

สร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของสกรูและแผ่นตามกระดูกด้วยโปรแกรม Solid WorkTM จากนั้นนำแบบจำลองของสกรูและแผ่นตามกระดูกในแต่ละรูปแบบไปประกอบเข้ากับกระดูกต้นขาเทียมด้านซ้ายของบริษัท [5] Pacific Research Labs, Inc.(Vashon, Washington, USA) ซึ่งมีอยู่ในเว็บไซต์ของ BEL Repository (Istituti Ortopedici Rizzoli, Bologna, Italy) กระดูกต้นขานี้มีคุณสมบัติทางกลและรูปร่างคล้ายกับกระดูกจริงของมนุษย์ คุณสมบัติของกระดูกต้นขาในแบบจำลองนั้น [6,7] กำหนดให้อยู่ในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น (Linear Elastic) มีคุณสมบัติเป็นไอโซโทรปิก (Isotropic) และเป็นเนื้อเดียวกันตลอด (Homogeneous) มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 14.2 GPa อัตราส่วนปัวซอง 0.3 สำหรับสกรูและแผ่นตามกระดูก [8] กำหนดให้วัสดุทั้งสองทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 316L (316L Stainless Steel) มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 193 GPa อัตราส่วนปัวซอง 0.3 จากนั้นนำแบบจำลองที่ประกอบสกรู แผ่นตามกระดูก และกระดูกต้นขา ที่ประกอบเข้าด้วยกันแล้วไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ABAQUSTM

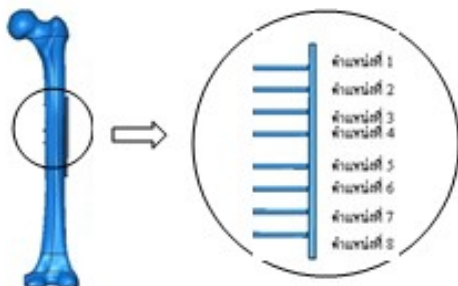
รูปแบบของทิศทางการยึดสกรูในงานวิจัยนี้
แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



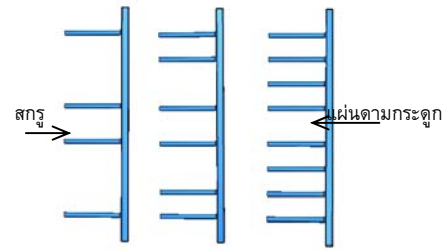
รูปที่ 2.1 รูปแบบทิศทางการยึดของสกรู

จากรูปที่ 2.1 แสดงทิศทางการยึดสกรูซึ่งประกอบไปด้วย (a) สกรูตั้งฉากกับแผ่นตาม (b) สกรูมีทิศทางไปทางเดียวกัน (สกรูทั้งหมดทำมุม 45 องศา กับแนวระดับของแผ่นตามกระดูก) (c) สกรูมีทิศทางออกจากกัน (สกรูครึ่งบนของแผ่นตามกระดูกทำมุม 45 องศา กับแนวระดับของแผ่นตามกระดูกและยึดสกรูครึ่งล่างของแผ่นตามกระดูกทำมุม 135 องศา กับแนวระดับของแผ่นตามกระดูก) และ (d) สกรูมีทิศทางเข้าหากัน (สกรูครึ่งบนของแผ่นตามกระดูกทำมุม 135 องศา กับแนวระดับของแผ่นตามกระดูกและยึดสกรูครึ่งล่างของแผ่นตามกระดูกทำมุม 45 องศา กับแนวระดับของแผ่นตามกระดูก)

สำหรับตำแหน่งต่างๆ ของสกรูและลักษณะของการจัดวางตำแหน่งของสกรูได้กำหนดไว้ดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3 ตามลำดับ



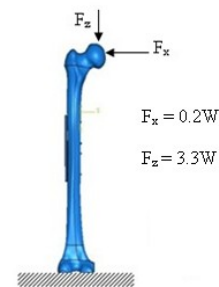
รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งของสกรู



รูปที่ 2.3 ลักษณะของการจัดวางตำแหน่งของสกรู
จำนวน 4 ตัว 6 ตัว และ 8 ตัว

ในการวิเคราะห์แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของ
ชิ้นงานที่ยึดสกรูในทิศทางต่างๆ ได้กำหนดเงื่อนไข
(Boundary Conditions) ไว้ดังนี้

2.1 กำหนดให้ภาระกระทำที่หัวกระดูก[9]
โดยพิจารณาจากน้ำหนักของร่างกายมนุษย์ที่ 700 N (70
kg) ซึ่งจะได้ $F_x = 140$ N และ $F_z = 2310$ N ดังรูปที่
2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะของภาระโหลดและเงื่อนไขขอบ

2.2 กำหนดค่าเงื่อนไข (Constraints) ที่
ผิวสัมผัสระหว่างข้อต่อกระดูกต้นขากับกระดูกหน้าแข้ง
เป็นแบบยึดแน่น (Fixed) หรือให้ทุกองศาอิสระ
(Degree of Freedoms, DOFs) มีค่าเท่ากับศูนย์
[2,3] ดังรูปที่ 2.4

2.3 เพื่อให้สกรูยึดติดแน่นกับกระดูกต้นขา จึง
กำหนดค่าเงื่อนไขระหว่างผิวสัมผัสของกระดูกต้นขากับ
สกรูทุกตัวให้เป็นแบบยึดติดกัน (Tie) [2,3]

2.4 กำหนดผิวสัมผัสของแผ่นตามกระดูกกับ
กระดูก ให้เป็นแบบสัมผัสกัน (Contact Surfaces)
โดยมีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ 0.37 ลักษณะของ

Sliding Formulation คือ Small Sliding แบบ Surface to Surface

2.5 กำหนดรูปร่างของเอลิเมนต์เป็นแบบ Tetrahedron ของทั้งกระดูกต้นขา แผ่นตามกระดูก และสกรู ซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่มีการทำ Grid Independent Study และเมื่อทำการ Meshing จะได้จำนวนของเอลิเมนต์ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 จำนวนเอลิเมนต์ของกระดูก แผ่นตามกระดูกและสกรู

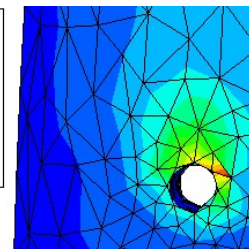
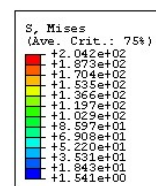
ทิศทางของสกรู	จำนวนสกรู	จำนวนเอลิเมนต์		
		กระดูก	แผ่นตามกระดูก	รวม
สกรูตั้งฉากกับแผ่นตาม	4	31387	17815	49202
	6	39932	19559	59491
	8	47255	13254	60509
สกรูไปทางเดียวกัน	4	41196	17569	58765
	6	45892	21032	66924
	8	50616	14013	64629
สกรูมีทิศออกจากกัน	4	39605	17841	57446
	6	45018	21780	66798
	8	50075	14520	64595
สกรูมีทิศเข้าหากัน	4	26456	17632	44088
	6	32168	19958	52126
	8	37050	22321	59371

3. ผลการวิจัย

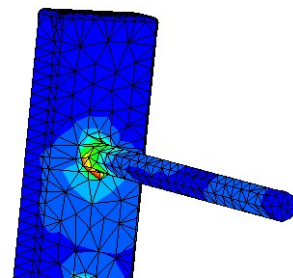
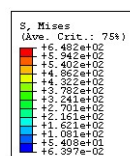
ค่าความเค้นวอนมิสสูงสุด (Maximum Von Mises Stress) ที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งแบ่งออกเป็นความเค้นในสกรู แผ่นตามกระดูก และกระดูกต้นขา ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และตำแหน่งที่เกิดความเค้นสูงสุดนั้น ได้แสดงตัวอย่างไว้ในรูปที่ 3.1 และ รูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ค่าความเค้นวอนมิสสูงสุดเมื่อยึดสกรูในรูปแบบต่างๆ

ความเค้นวอนมิสสูงสุด (MPa)					
ตำแหน่งการยึดสกรู	จำนวนสกรู	รูปแบบการยึดสกรู			
		สกรูตั้งฉากกับแผ่นตามกระดูก	สกรูมีทิศทางไปทางเดียวกัน	สกรูมีทิศทางออกจากกัน	สกรูมีทิศทางเข้าหากัน
สกรู	4	473.5	584.1	620.2	611.0
	6	478.3	477.4	488.6	408.8
	8	432.2	503.5	549.1	379.4
แผ่นตามกระดูก	4	270.6	292.1	282.0	305.5
	6	239.2	238.7	244.4	272.5
	8	648.2	251.8	274.8	569.1
กระดูกต้นขา	4	178.3	281.7	178.1	210.7
	6	177.9	148.6	76.9	246.1
	8	204.2	113.7	149.9	127.0



รูปที่ 3.1 การกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในกระดูกต้นขา



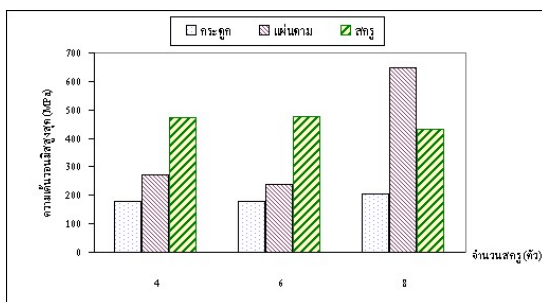
รูปที่ 3.2 การกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในแผ่นตามกระดูกและสกรู

การกระจายตัวของความเค้นวอนมิตที่เกิดขึ้นในสกรูพบว่าเกิดค่าสูงสุดบริเวณสกรูตัวที่อยู่ด้านปลายทั้งสองข้างของแผ่นดามกระดูก เช่น การยึดด้วยสกรูจำนวน 8 ตัว ค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดกับสกรูจะเกิดขึ้นที่สกรูตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 8 เป็นต้น

สำหรับการกระจายตัวของความเค้นที่เกิดขึ้นในแผ่นดามกระดูก พบว่าจะเกิดค่าสูงสุดตรงบริเวณเดียวกับสกรูตัวที่เกิดความเค้นค่าสูงสุดด้วยเช่นกัน โดยจะเกิดขึ้นรอบๆ สกรู

สำหรับการกระจายตัวของความเค้นที่เกิดขึ้นในกระดูกสันขา พบว่าจะเกิดค่าสูงสุดตรงบริเวณเดียวกับสกรูตัวที่เกิดความเค้นค่าสูงสุดด้วยเช่นกัน โดยจะเกิดขึ้นที่ผิวกระดูกด้านที่สัมผัสกับสกรูและแผ่นดามกระดูก

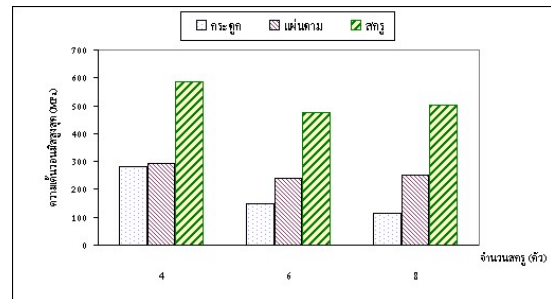
จากผลการวิเคราะห์ที่ได้ สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นในสกรู แผ่นดามกระดูก และกระดูก กับจำนวนของสกรู สำหรับการยึดสกรูในทิศทางตั้งฉากกับแผ่นดามกระดูก ทิศทางไปทางเดียวกัน ทิศทางออกจากกัน และทิศทางเข้าหากัน ดังรูปที่ 3.3 รูปที่ 3.4 รูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6 ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นดามกระดูก

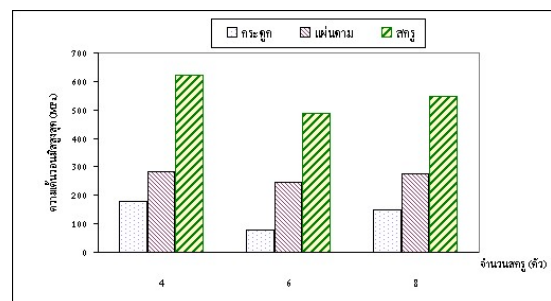
จากรูปที่ 3.3 แสดงค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้น เมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นดามกระดูก จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้สกรูจำนวน 4 และ 6 ตัว ค่าความเค้นสูงสุดจะเกิดขึ้นที่สกรู ซึ่งมีค่า

473.5 MPa และ 478.3 MPa ตามลำดับ ส่วนการใช้สกรูจำนวน 8 ตัว ค่าความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่แผ่นดามกระดูก ซึ่งมีค่า 648.2 MPa



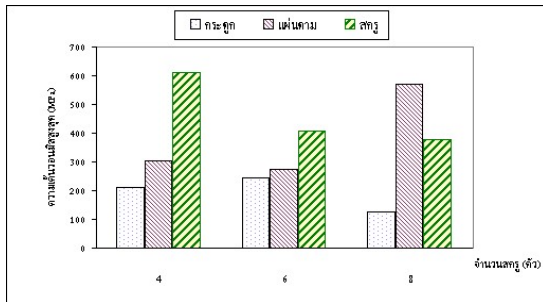
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางไปทางเดียวกัน

จากรูปที่ 3.4 แสดงค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้น เมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางไปทางเดียวกัน จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้สกรูจำนวน 4 ตัว 6 ตัว และ 8 ตัว ค่าความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่สกรู ซึ่งมีค่า 584.1 MPa 477.4 MPa และ 503.5 MPa ตามลำดับ



รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางออกจากกัน

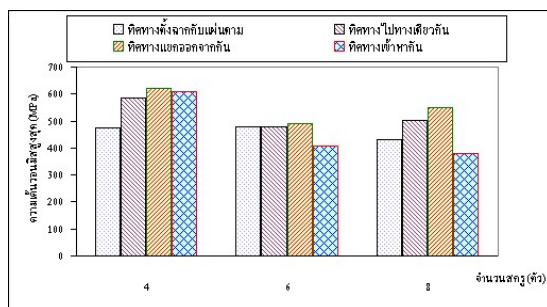
จากรูปที่ 3.5 แสดงค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้น เมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางออกจากกัน จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้สกรูจำนวน 4 ตัว 6 ตัว และ 8 ตัว ค่าความเค้นสูงสุดจะเกิดขึ้นที่สกรู ซึ่งมีค่า 620.2 MPa 488.6 MPa และ 549.1 MPa ตามลำดับ



รูปที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อยึดสลักให้มีทิศทางเข้าหากัน

จากรูปที่ 3.6 แสดงค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้น เมื่อยึดสลักให้มีทิศทางออกจากกัน จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้สลักจำนวน 4 ตัว และ 6 ตัว ค่าความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่สลัก ซึ่งมีค่า 611.0 MPa และ 408.8 MPa ตามลำดับ และเมื่อใช้สลักจำนวน 8 ตัว ค่าความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่แผ่นคานกระดุก ซึ่งมีค่า 569.1 MPa

การกระจายตัวของความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นในระบบของทุกรูปแบบการยึดสลัก สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสลักกับความเค้นวอนมิต สูงสุดที่เกิดขึ้นในสลัก แผ่นคานกระดุก และกระดุก ดังรูปที่ 3.7 รูปที่ 3.8 และรูปที่ 3.9 ตามลำดับ

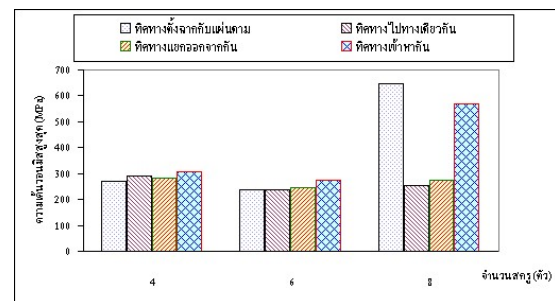


รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของสลักกับความเค้นวอนมิตสูงสุด ที่เกิดขึ้นในสลัก

จากรูปที่ 3.7 แสดงความความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสลักกับค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นในสลัก จากผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อยึดสลักให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นคานกระดุกโดยใช้สลักจำนวน 4 ตัว

ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าการยึดสลักในรูปแบบอื่น และเมื่อยึดสลักให้สลักมีทิศทางเข้าหากันโดยใช้สลักจำนวน 6 ตัว และ 8 ตัว ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าการยึดสลักในรูปแบบอื่น

สำหรับแนวโน้มของการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในสลักเมื่อยึดสลักให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นคานกระดุกและทิศทางเข้าหากัน ค่าความเค้นมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อจำนวนของสลักเพิ่มมากขึ้น ในทางกลับกันการยึดสลักให้มีทิศทางไปทางเดียวกันและทิศทางแยกออกจากกัน ค่าความเค้นมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนของสลักเพิ่มมากขึ้น

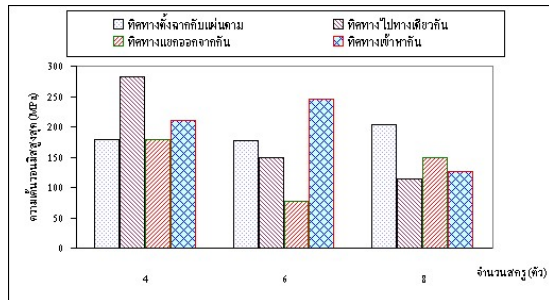


รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของสลักกับความเค้นวอนมิตสูงสุด ที่เกิดขึ้นในแผ่นคานกระดุก

จากรูปที่ 3.8 แสดงความความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสลักกับค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นในแผ่นคานกระดุก จากผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อยึดสลักให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นคานกระดุกโดยใช้สลักจำนวน 4 ตัว ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าการยึดสลักในรูปแบบอื่น ส่วนการยึดสลักให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นคานกระดุก มีทิศทางไปทางเดียวกัน และมีทิศทางแยกออกจากกันโดยใช้สลักจำนวน 6 ตัว ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าต่ำกว่าการยึดสลักในทิศทางเข้าหากัน และเมื่อยึดสลักให้มีทิศทางไปทางเดียวกันโดยใช้สลักจำนวน 8 ตัว ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าการยึดสลักในรูปแบบอื่น

สำหรับแนวโน้มของการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในแผ่นคานกระดุกเมื่อยึดสลักให้มีทิศทางไปทาง

เดียวกันและทิศทางแยกออกจากกัน ค่าความเค้นมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อจำนวนของสกรูเพิ่มมากขึ้นในทางกลับกันเมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นดาม กระดุกและทิศทางเข้าหากัน ค่าความเค้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนของสกรู



รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของสกรูกับความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นในกระดุกต้นขา

จากรูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสกรูกับค่าความเค้นวอนมิตสูงสุดที่เกิดขึ้นบนกระดุกต้นขา จากผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางแยกออกจากกันโดยใช้สกรูจำนวน 4 ตัว และ 6 ตัว ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนกระดุกต้นขาจะมีค่าต่ำกว่าการยึดสกรูในรูปแบบอื่น และเมื่อยึดสกรูให้สกรูมีทิศทางไปทางเดียวกันโดยใช้สกรูจำนวน 8 ตัว ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าการยึดสกรูในรูปแบบอื่น

สำหรับแนวโน้มของการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในกระดุกต้นขาเมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางไปทางเดียวกัน ค่าความเค้นมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อจำนวนของสกรูเพิ่มมากขึ้น ในทางกลับกันเมื่อยึดสกรูให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นดามกระดุก ค่าความเค้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนการยึดของสกรู ส่วนการยึดสกรูให้มีทิศทางแยกออกจากกันและมีทิศทางเข้าหากัน ค่าความเค้นมีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจนว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อจำนวนของสกรูเปลี่ยนแปลงไป

เมื่อพิจารณาถึงค่าความปลอดภัย (Safety Factor; N) ที่เกิดขึ้นในกระดุกต้นขา แผ่นดามกระดุกและสกรู เมื่อได้รับภาระโหลดที่เท่ากัน ซึ่งค่าความ

ปลอดภัยสามารถหาได้จากอัตราส่วนของค่าความเค้นที่จุดประลัย (Ultimate Tensile Strength) ของกระดุกต้นขาเทียมหรือเหล็กกล้าไร้สนิม ต่อค่าความเค้นที่เกิดขึ้นจริงในกระดุกต้นขาหรือเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้จะต้องมีค่ามากกว่า 1 จึงจะถือว่าชิ้นงานหรือวัสดุชิ้นนั้นจะไม่เกิดการเสียหาย โดยที่ค่าความเค้นที่จุดประลัยของกระดุกต้นขาเทียมมีค่าเท่ากับ 188 MPa [3] และของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L มีค่าเท่ากับ 690 MPa [1] ค่าความปลอดภัยที่ได้แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าความปลอดภัยที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อแบบจำลองได้รับภาระโหลดที่เท่ากัน

รูปแบบการยึดสกรู	จำนวนของสกรู	ค่าความปลอดภัย			การเสียหายของชิ้นงาน (N ≤ 1)
		กระดุกต้นขา	แผ่นดามกระดุก	สกรู	
ตั้งฉากกับแผ่นดามกระดุก	4	1.1	2.6	1.5	ไม่เสียหาย
	6	1.1	2.9	1.4	ไม่เสียหาย
	8	0.9	1.1	1.6	เสียหาย
ทิศทางไปทางเดียวกัน	4	0.7	2.4	1.2	เสียหาย
	6	1.3	2.9	1.4	ไม่เสียหาย
	8	1.7	2.7	1.4	ไม่เสียหาย
ทิศทางแยกออกจากกัน	4	1.1	2.4	1.1	ไม่เสียหาย
	6	2.4	2.8	1.4	ไม่เสียหาย
	8	1.3	2.5	1.3	ไม่เสียหาย
ทิศทางเข้าหากัน	4	0.9	2.3	1.1	เสียหาย
	6	0.8	2.5	1.7	เสียหาย
	8	1.5	1.2	1.8	ไม่เสียหาย

จากตารางที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบและจำนวนสกรูที่ใช้ในการยึดแผ่นดามกระดุกเข้ากับกระดุกต้นขาได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกิดการเสียหายนั้น ได้แก่ การยึดสกรูให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นดามกระดุกโดยใช้สกรูจำนวน 4 ตัว และ 6 ตัว การยึดสกรูให้มีทิศทางไปทางเดียวกันโดยใช้สกรูจำนวน 6 ตัว และ 8 ตัว การยึดสกรูให้มีทิศทางแยกออกจากกันโดยใช้สกรูจำนวน 4 ตัว 6 ตัว

และ 8 ตัว และการยึดสกรูให้มีทิศทางเข้าหากันโดยใช้สกรูจำนวน 8 ตัว

ส่วนรูปแบบและจำนวนสกรูที่ไม่สามารถใช้ในการยึดแผ่นตามกระดูกเข้ากับกระดูกต้นขาได้อย่างปลอดภัยเนื่องจากเกิดการเสียดทานได้แก่ การยึดสกรูให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นตามกระดูกโดยใช้สกรูจำนวน 8 ตัว การยึดสกรูให้มีทิศทางไปทางเดียวกันโดยใช้สกรูจำนวน 4 ตัว และการยึดสกรูให้มีทิศทางเข้าหากันโดยใช้สกรูจำนวน 4 ตัว และ 6 ตัว

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลของการวิจัยแสดงให้เห็นว่าในกรณีที่ใช้การยึดสกรูจำนวน 4 ตัว ให้มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นตาม

กระดูก จะสามารถทนแรงดึงได้ดีและปลอดภัยกว่ารูปแบบอื่น ส่วนในกรณีที่ทำการยึดสกรูจำนวน 6 ตัว ให้มีทิศทางแยกออกจากกัน จะสามารถทนแรงดึงได้ดีและปลอดภัยกว่ารูปแบบอื่น และในกรณีที่ทำการยึดสกรูจำนวน 8 ตัว ให้มีทิศทางไปทางเดียวกัน จะสามารถทนแรงดึงได้ดีและปลอดภัยกว่ารูปแบบอื่นๆ ด้วยเช่นเดียวกัน

นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการยึดสกรูให้มีทิศทางแยกออกจากกัน เป็นรูปแบบการยึดสกรูที่มีความปลอดภัยและดีกว่าการยึดสกรูที่มีทิศทางตั้งฉากกับแผ่นตามกระดูก ซึ่งเป็นรูปแบบการยึดสกรูที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่ประสบอุบัติเหตุกระดูกแตกหรือร้าวในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ, ตำราออร์โธปิดิกส์ 1, สมาคมออร์โธปิดิกส์แห่งประเทศไทยและราชวิทยาลัยแพทยออร์โธปิดิกส์แห่งประเทศไทย, 2539.
- [2] ธนา เลิศวิบุรณชัย, อัญชลี มโนกุล และสุกสิทธิ์ รอดขวัญ. การวิเคราะห์เชิงตัวเลขสำหรับแผ่นตามกระดูกที่ยึดบนกระดูกต้นขาของคนที่แตกหักขณะรับภาระแบบสถิตย์, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19, จังหวัดภูเก็ต, ตุลาคม 2548.
- [3] บุญธรรม วงศ์ไชย และสุกสิทธิ์ รอดขวัญ. การวิเคราะห์ความเค้นในสกรูและแผ่นโลหะรับแรงอัดทางพลศาสตร์ที่ยึดติดอยู่บนกระดูกช่วงหน้าขาของคน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18, จังหวัดขอนแก่น, ตุลาคม 2547.
- [4] ภาณุรังษิทธิ์ หมั่นจันทร์, วัชรระ พิภพมงคล และชาวสวน กาญจน์มัย. ความแข็งแรงและการกระจายของความเค้นบนกระดูกต้นขาเทียมที่เสริมด้วยแผ่นยึดอัด, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19 จังหวัดภูเก็ต, ตุลาคม 2548.
- [5] Pappini, M. *Third Generation Composite Femur*. Available Source : http://www.techno.ior.it/VRLAB/BEL_reposity.html, June 17, 2003.
- [6] Chen W.P., et al., *Selection of Fixation Devices in Proximal Femur Rotational Osteotomy : Clinical Complications and Finite Element Analysis*. Journal of Clinical Biomechanics 19, 255-262. 2004.
- [7] Cristofolini, L., et al., *Mechanical Validation of Whole Bone Composite Femur Model*. Journal of Biomechanics 29, 525-535. 1996.
- [8] Ajchara W.O., and Bavonnatanavech S. *Manual of AO Instruments and Implants : Thai Edition*. 2nd.ed. Bangkok : Beyond Enterprise. 2005.
- [9] Elkholy A.H., *Design Optimization of the Hip Nail – Plate – Screws Implant*. Journal of Computer Methods and Programs in Biomedicine 48, 221 -227. 1995.